



Rancang Bangunan Prototype Sitem *Monitoring* Penurunan Fungsi Kecepatan Motor Listrik I *Phase* dengan IoT

Belva Pradana Putra Hartono^{1*}, Sri Mulyanto Herlambang², Jaka Septian Kustanto³, Henna Nurdiansari⁴, Akhmad Kasan Gupron⁵

¹⁻⁴ Prodi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Email: pradanabelva1@gmail.com¹, suksesbareng20@gmail.com², jaka.septian@politeknik-pelayaran.ac.id³, henna.nurdiansari@politeknik-pelayaran.ac.id⁴, akhmad.gupron@politeknik-pelayaran.ac.id⁵

*Penulis Korespondensi: pradanabelva1@gmail.com

Abstract. Electric motors are vital components in ship operations, particularly within sewage pump systems. However, continuous workloads often trigger temperature increases that lead to a decline in motor performance. This study aims to monitor motor temperature in real-time and analyze its effect on rotational speed (RPM) efficiency. In previous research, data on speed parameters and motor operating conditions were obtained, displayed, and analyzed visually and structurally using LabVIEW. The results showed that this system was effective in monitoring motor operating conditions to prevent performance disruptions. However, the developed monitoring system was still offline and did not support real-time remote monitoring. Future research was recommended to integrate this system with an IoT-based network to support remote surveillance. The research methodology was conducted through a 30-minute dynamic test using an ESP32 microcontroller-based thermocouple sensor and a Node-RED dashboard as the monitoring unit. The obtained data were analyzed using the Simple Linear Regression statistical method. The test results demonstrated a gradual temperature rise from 35°C to 63°C at the 30th minute, which remains within the safe category but requires special attention. This equation exhibits a significant negative correlation, where every 1°C increase in temperature results in performance degradation, specifically a decrease in motor speed by -2.71 RPM. This decline is caused by the increased electrical resistivity in the windings and changes in lubricant viscosity due to overheating. This system is proven effective as a preventive maintenance tool to prevent winding insulation damage and extend the operational lifespan of motors onboard ships.

Keywords: Electric Motor; RPM; Sewage Pump; Simple Linear Regression; Temperature Monitoring .

Abstrak. Motor listrik merupakan komponen penting dalam operasional kapal, khususnya pada sistem pompa limbah (*sewage pump*). Namun, beban kerja yang berlangsung secara terus-menerus sering kali menyebabkan peningkatan suhu yang berdampak pada penurunan kinerja motor. Penelitian ini bertujuan untuk memantau suhu motor secara *real-time* serta menganalisis pengaruhnya terhadap efisiensi kecepatan putar (*revolutions per minute* atau RPM). Pada penelitian sebelumnya, data mengenai parameter kecepatan dan kondisi operasi motor diperoleh, ditampilkan, serta dianalisis secara visual dan terstruktur menggunakan LabVIEW. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan efektif dalam memantau kondisi operasi motor guna mencegah terjadinya gangguan kinerja. Namun, sistem pemantauan yang dikembangkan masih bersifat *offline* dan belum mendukung pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengintegrasikan sistem tersebut dengan jaringan berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mendukung pemantauan dari lokasi yang berbeda. Metode penelitian dilakukan melalui pengujian dinamis selama 30 menit menggunakan sensor termokopel berbasis mikrokontroler ESP32 dan *dashboard* Node-RED sebagai media pemantauan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode statistik Regresi Linier Sederhana. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan suhu secara bertahap dari 35°C menjadi 63°C pada menit ke-30, yang masih berada dalam kategori aman, namun memerlukan perhatian khusus. Persamaan regresi yang diperoleh menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan, di mana setiap kenaikan suhu sebesar 1°C mengakibatkan penurunan performa berupa berkurangnya kecepatan putar motor sebesar 2,71 RPM. Penurunan tersebut disebabkan oleh meningkatnya resistivitas listrik pada lilitan motor serta perubahan viskositas pelumas akibat kondisi *overheating*. Sistem ini terbukti efektif sebagai alat *preventive maintenance* untuk mencegah kerusakan isolasi lilitan dan memperpanjang umur operasional motor di atas kapal.

Kata Kunci: *Monitoring* Suhu; Motor Listrik; Regresi Linier Sederhana; RPM; *Sewage Pump*.

1. LATAR BELAKANG

Dalam operasional permesinan kapal, motor listrik memegang peranan krusial sebagai penggerak utama berbagai perangkat vital, mulai dari mekanisme *winch* pada *ramp door* hingga sistem pompa pendukung seperti *sewage pump*. Khusus untuk *sewage pump*, fungsinya sangat strategis dalam memastikan pengelolaan limbah cair di atas kapal berjalan optimal sesuai dengan standar regulasi maritim internasional. Kegagalan operasional pada motor penggerak pompa ini tidak hanya menghambat aktivitas harian kru, tetapi juga berpotensi memicu pencemaran lingkungan laut yang serius.



Gambar 1. Motor 1 phase.

Sumber: <https://share.google/aAJDhdEt9duJk54VG>

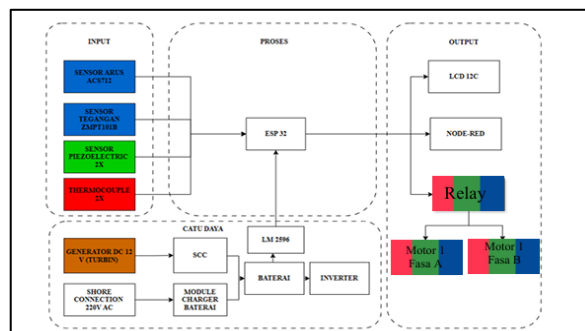
Motor induksi satu fasa yang umum diaplikasikan pada *sewage pump* memiliki karakteristik teknis yang memerlukan pengawasan intensif. Selain risiko lonjakan arus saat penyalaan (*starting current*), performa motor ini sangat rentan terhadap beban kerja dan fluktuasi kondisi lingkungan. Suhu dan kecepatan putar (*RPM*) merupakan dua parameter kunci yang mencerminkan kesehatan motor. Peningkatan suhu yang melampaui batas wajar dapat meningkatkan hambatan listrik pada lilitan (*copper losses*) serta menurunkan efektivitas pelumasan pada *bearing*. Jika tidak segera ditangani, kondisi ini akan memicu penurunan torsi yang berujung pada beban berlebih (*overload*) hingga kerusakan permanen pada isolasi motor.

Hingga saat ini, pemantauan motor listrik di kapal mayoritas masih mengandalkan metode konvensional secara manual. Masinis atau teknisi mesin diwajibkan melakukan pengecekan fisik secara berkala menggunakan alat ukur portabel. Namun, metode ini memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas dan kecepatan deteksi anomali, serta memiliki risiko kesalahan manusia (*human error*) yang cukup tinggi. Mengingat letak motor yang sering kali berada di area sulit dijangkau atau di dekat instalasi *ramp door*, dibutuhkan sistem pemantauan yang lebih efisien dan mampu menjamin keamanan personel.

Sebagai langkah modernisasi manajemen perawatan, integrasi teknologi *Internet of Things (IoT)* menawarkan solusi yang lebih adaptif. Dengan memanfaatkan sensor suhu dan kecepatan yang terhubung secara digital, kinerja *sewage pump* dapat diawasi secara *real-time* dan kontinu. Implementasi sistem berbasis IoT ini memungkinkan tim teknis untuk mengidentifikasi indikasi kerusakan sejak dini tanpa harus melakukan pengecekan langsung di lokasi. Pada akhirnya, inovasi ini tidak hanya memperkuat strategi perawatan preventif (*preventive maintenance*), tetapi juga mampu meminimalkan waktu henti operasional (*downtime*) dan menjaga keandalan sistem permesinan kapal.

2. METODE PENELITIAN

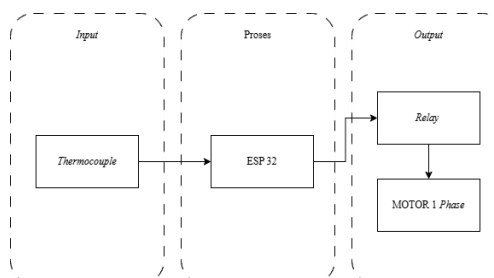
Metode penelitian yang digunakan adalah metode Observasi dan Kuantitatif. Observasi adalah Teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui sesuatu pengamatan, dengan disertai pencatatan-pencatatan terhadap keadaan atau perilaku objek sasaran yang diteliti (Sarker et al., 2024). Pada perancangan sistem penelitian ini menggunakan konsep blok diagram. Perancangan sistem ini bertujuan untuk menentukan struktur penyusunan komponen sebelumnya yang telah disusun.



Gambar 2. Blok diagram *capstone designe Monitoring Kinerja PLTB dan Deteksi Kerusakan Motor 1 Fasa pada Sewage Pump di Kapal dengan Analisis Arus dan Getaran.*

Sumber: Dokumen pribadi.

Setelah melihat dari blok diagram pada gambar 3.1 dapat diambil potongan untuk dilanjutkan pada pembahasan pada suhu motor yang berpengaruh pada kecepatan.

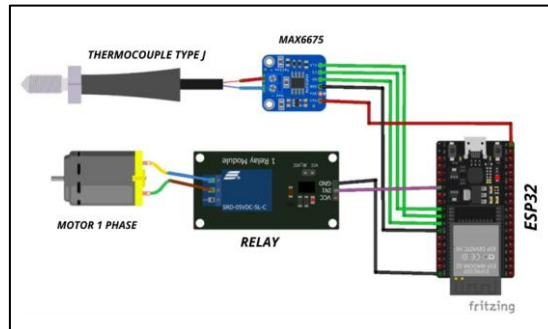


Gambar 3. Blok Diagram *Monitoring Suhu dan Kecepatan motor satu phase.*

Sumber: Dokumen Pribadi.

Pada gambar 3 blok diagram dari penelitian yang dilakukan peneliti dengan 3 bagian utama yaitu *input*, proses, dan *output*. Pada *input* berisikan sensor yang memberikan data yang akan dikirim ke bagian selanjutnya yaitu ESP 32 sebagai proses dan selanjutnya yaitu *output* pada motor 1 *phase* yang digunakan peneliti.

Pada perancangan alat peneliti merancang dengan skema sensor yang digunakan, mikrokontroler yang digunakan, dan *output* yaitu motor. Perancangan alat ini merupakan penggalan dari *capstone* yang dikembangkan bersama yang menyangkut milik peneliti.



Gambar 1. *Wiring Diagram Prototype.*

Sumber: Dokumen Pribadi.

Pada gambar 4 *Wiring* diagram tersebut merupakan gambaran komponen *prototype* milik peneliti. Perancangan tersebut tak luput dari pembahasan sebelumnya yaitu penggalan dari *capstone* yang telah dirancang yang terdapat bagian alat milik peneliti. Maka dari itu penjelasan dari mana sumber tegangan berasal dari peneliti lainnya. Sangat ditegaskan bahwa penelitian ini tentang *monitoring* motor satu *phase* dengan sensor utama yang digunakan yaitu *thermocouple*. Perancangan selanjutnya adalah tiap-tiap komponen sensor. Pada rencana pengujian penelitian ini menguji pada pengujian statis, pengujian dinamis,.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan, terlihat bahwa ketika suhu motor masih berada pada kondisi normal (sekitar 30–40°C), kecepatan putar motor cenderung stabil dan mendekati nilai nominalnya. Namun, saat suhu mulai meningkat, khususnya di atas 50°C, kecepatan putar motor mulai mengalami penurunan secara bertahap.

Hal ini dapat dijelaskan karena adanya peningkatan resistansi pada lilitan motor akibat kenaikan suhu. Semakin tinggi suhu, hambatan listrik pada kumparan ikut meningkat sehingga aliran arus menjadi kurang optimal. Kondisi ini menyebabkan torsi motor menurun dan berpengaruh langsung terhadap turunnya kecepatan putar.

Selain itu, suhu yang tinggi juga berdampak pada kinerja komponen internal motor. Misalnya, pelumasan pada *bearing* menjadi kurang efektif sehingga meningkatkan gesekan mekanis. Bertambahnya gesekan ini turut mempercepat penurunan kecepatan motor.

Pada bagian pembahasan ini juga dilakukan analisis menyeluruh terhadap data yang diperoleh, baik dari pengujian statis maupun dinamis. Analisis tersebut bertujuan untuk melihat kinerja setiap komponen saat diuji secara terpisah, serta mengevaluasi efektivitasnya ketika seluruh komponen telah bekerja secara terintegrasi dalam satu sistem. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa sistem yang dirancang mampu memenuhi standar dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.



Gambar 5. Pengukuran kecepatan motor dengan tachometer.

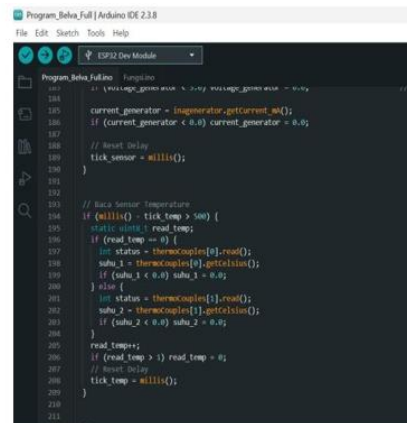
Sumber: Dokumen Pribadi.

Pengujian statis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 dapat menyala dengan normal, mampu terhubung ke jaringan *Wi-Fi*, dan menjalankan program pembacaan sensor tanpa gangguan. Dengan demikian, mikrokontroler dinyatakan layak digunakan sebagai pusat pengendali sistem *monitoring* suhu motor.



A

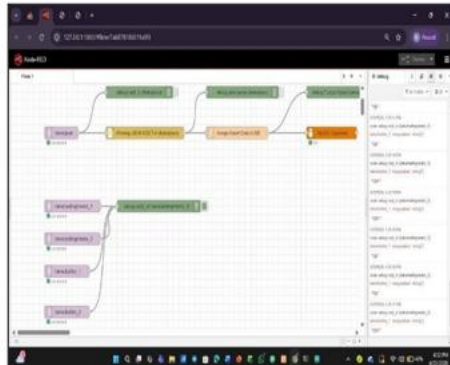


B

Gambar 6. A. Pengujian ESP 32: A. ESP 32 dan B. Program ES.

Sumber : Dokumen Pribadi.

Pada pengujian statis *Platform Node-RED* ini mencakup beberapa aspek krusial, dimulai dari aktivasi server Node-RED secara menyeluruh, dilanjutkan dengan audit terhadap alur logika (*flow*) program yang telah disusun. Selain itu, dilakukan pemeriksaan mendalam pada setiap konfigurasi *node* untuk memastikan tidak ada kesalahan pemrosesan data (*data loss*) dan menjamin bahwa seluruh elemen dalam ekosistem perangkat lunak tersebut telah terintegrasi dengan benar sebelum melangkah ke tahap pengujian dinamis.

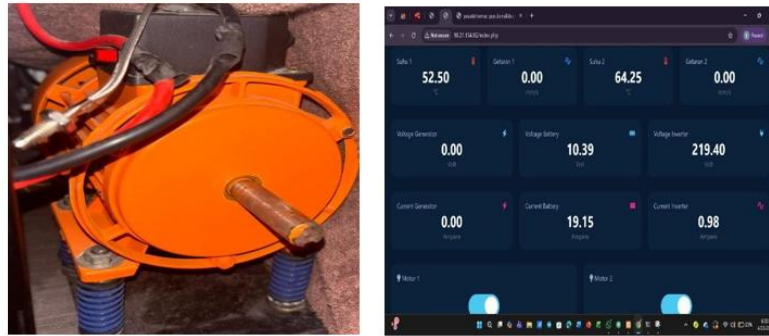


Gambar 7. Pengujian Statis Node-RED

Sumber: Dokumen Pribadi.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian mengonfirmasi bahwa konfigurasi pada Node-RED telah berjalan secara optimal sesuai dengan perancangan sistem yang ditetapkan. Aksesibilitas *dashboard* telah teruji stabil, dan protokol komunikasi data antara ESP32 serta Node-RED telah terjalin dengan sempurna, yang ditunjukkan dengan keberhasilan penerimaan paket data uji secara presisi. Pencapaian ini menandakan bahwa seluruh infrastruktur sistem visualisasi data telah mencapai tahap kesiapan penuh. Keandalan dalam sinkronisasi data ini sangat krusial, karena menjadi fondasi utama bagi fungsionalitas *monitoring* suhu secara *real-time*. Dengan kesiapan ini, sistem mampu menjamin ketersediaan informasi yang aktual dan berkelanjutan, yang sangat diperlukan untuk mendukung analisis performa motor pada tahap pengujian selanjutnya.

Pengujian Statis Sensor *Thermocouple Type J* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca suhu awal pada kondisi lingkungan normal. Sensor dipasang pada permukaan motor, kemudian hasil pembacaan dibandingkan dengan suhu ruang menggunakan alat ukur pembanding.



A B
Gambar8. Pengujian Sensor *Thermocouple* : A. Sensor *Thermocouple* dan B. hasil suhu.

Sumber: Dokumen Pribadi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *thermocouple* mampu mendeteksi suhu dengan stabil dan memberikan nilai pembacaan yang mendekati suhu aktual lingkungan. Dengan demikian, sensor dinyatakan berfungsi baik dan siap digunakan untuk memantau perubahan suhu motor saat beroperasi.

Pengujian dinyatakan berhasil apabila nilai suhu yang terbaca pada sistem *monitoring* menunjukkan perubahan yang sesuai dengan kondisi suhu yang diberikan serta memiliki selisih pembacaan yang relatif kecil terhadap nilai referensi. Hasil pengujian statis *Thermocouple Type J* ditampilkan dalam bentuk tabel untuk menunjukkan perbandingan antara suhu referensi dengan suhu yang terbaca pada sistem *monitoring* .

Pengujian Dinamis

Tabel 1. Hasil Pengamatan Suhu Motor Selama 30 Menit.

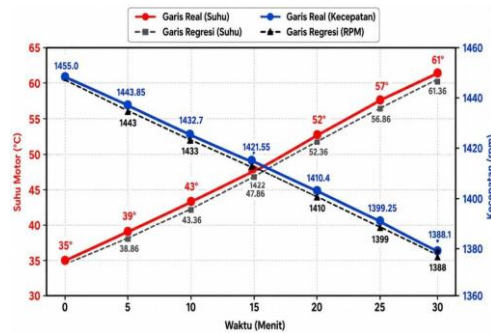
WAKTU	X1 (REGRESI RPM)	Y1 (RPM)	X2 (SUHU REGRESI)	Y2 (SUHU)
0	1455	1455	35	35
5	1443	1443,85	38,86	39
10	1432	1432,7	43,36	43
15	1421	1421,55	47,86	48
20	1410	1410,4	52,36	52
25	1399	1399,25	56,86	57
30	1388	1388,1	61,36	61

Sumber: Dokumen Pribadi.

Pada tabel 1 tahap awal pengujian (0–10 menit), saat suhu motor berada pada kisaran 35–43°C, kecepatan putar masih relatif stabil dengan penurunan yang sangat kecil, yaitu dari 1455 RPM menjadi 1432 RPM. Kondisi ini menunjukkan bahwa energi termal dalam sistem masih berada pada batas yang tidak mengganggu kestabilan sifat material penghantar, sehingga proses hantaran listrik berlangsung secara efisien.

Secara kimia-fisika, kenaikan suhu memicu peningkatan resistansi listrik akibat bertambahnya getaran atom dalam struktur logam penghantar. Hal ini menghambat pergerakan elektron bebas, sehingga arus listrik yang mengalir menjadi berkurang. Dampaknya, energi yang dapat dikonversi menjadi gerak mekanik (torsi) juga menurun, yang berujung pada penurunan kecepatan putar motor.

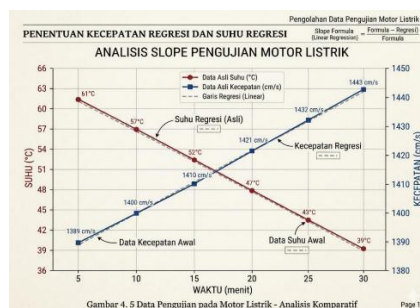
Untuk mengetahui perpotongan pada grafik hubungan antara suhu motor dan RPM digunakan rumus *slope* yaitu :



Gambar 9. Data Pengujian pada Motor listrik *Real* dan Regresi.

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil analisis membuktikan adanya pengaruh suhu yang berlawanan arah terhadap performa motor. Kenaikan suhu secara bertahap menyebabkan kecepatan putar motor menurun, dengan tingkat penurunan paling tajam pada suhu di atas 50°C . Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem telah mencapai batas toleransi panas optimalnya, sehingga muncul rugi-rugi panas (*copper losses*) dan gangguan pada aspek pelumasan yang berujung pada penurunan kecepatan putar motor secara nyata.



Gambar 10. Data pengujian pada motor listrik dengan persamaan regresi.

Sumber: Dokumen Pribadi .

Penyebab kenaikan suhu dipengaruhi oleh panas bertindak sebagai beban tambahan bagi motor. Meski motor tampak bekerja lebih berat, *output* yang dihasilkan justru tidak maksimal karena adanya kebocoran energi. Nilai negatif -2,23 pada koefisien regresi adalah pengingat matematis bahwa kenaikan suhu berbanding terbalik dengan performa setiap satu derajat panas yang naik, motor harus kecepataannya karena kendala-kendala fisik yang muncul.

Analisis Data

Tabel 2. Data dari peningkatan suhu

Sumber: Dokumen Pribadi

Waktu (menit)	Suhu Motor (°C)	Status Kenaikan
0	34	Stabil
5	39	Meningkat
10	43	Meningkat
15	48	Meningkat
20	52	Meningkat
25	57	Meningkat
30	61	Meningkat

Jika dibandingkan dengan klasifikasi suhu motor Moswell MW 125 yang telah ditetapkan, suhu akhir 51°C masih berada pada rentang 25°C – 55°C atau kategori baik / normal. Kondisi ini menandakan motor masih bekerja dengan aman, belum mengalami panas berlebih, dan belum memerlukan tindakan *maintenance*. Apabila suhu melebihi batas normal pada pengoperasian berikutnya, maka pemeriksaan terhadap ventilasi, beban motor, *bearing*, dan lilitan perlu segera dilakukan.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, terlihat jelas adanya antara lamanya waktu operasional terhadap fluktuasi parameter motor listrik. Peningkatan durasi kerja secara langsung memicu akumulasi panas pada komponen internal sistem. Penyebab kenaikan suhunya ada beberapa faktor :

- Faktor Elektrikal: Motor dipaksa bekerja melebihi kapasitas, sehingga menarik arus listrik lebih besar yang menghasilkan panas yang berlipat ganda.
- Fator Mekanikal: Gesekan antara *bearing* yang menyebabkan keausan dikarenakan kekurangan pelumas yang menimbulkan gesekan yang memicu panas.
- Faktor Lingkungan: Motor dioperasikan di lingkungan dengan sirkulasi udara yang buruk, sehingga panas sulit dilepaskan udara luar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan rumusan masalah, hasil penelitian, serta pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perancangan prototipe sistem *monitoring* fungsi motor listrik satu fasa menggunakan *Internet of Things* (IoT) di kapal dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu motor Moswell MW 125 sebagai representasi motor *sewage pump*, sensor *thermocouple* sebagai pendeteksi suhu, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah sekaligus pengirim data, serta Node-RED sebagai media tampilan *monitoring*. Sistem dirancang agar sensor dapat membaca suhu motor saat beroperasi, kemudian data dikirim

melalui jaringan Wi-Fi dan ditampilkan secara *real-time* pada *dashboard*. Dengan rancangan tersebut, kondisi motor dapat dipantau secara jarak jauh dan berkelanjutan sehingga memudahkan proses pemantauan selama motor beroperasi.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara *monitoring* yang dilakukan melalui observasi teknisi dengan *monitoring* berbasis IoT di kapal. *Monitoring* melalui observasi teknisi dilakukan secara manual dengan pemeriksaan langsung ke lokasi motor sehingga membutuhkan waktu, tenaga, dan bergantung pada jadwal pengecekan. Sebaliknya, *monitoring* menggunakan IoT dilakukan secara otomatis dan *real-time*, sehingga data suhu motor dapat dipantau setiap saat melalui *dashboard* tanpa harus mendatangi lokasi. Dengan demikian, sistem *monitoring* berbasis IoT lebih efektif dalam mendeteksi perubahan kondisi motor sejak dini, mendukung pelaksanaan pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*), serta meningkatkan efisiensi kerja teknisi di atas kapal.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu operasional berpengaruh langsung terhadap penurunan putaran (RPM) motor akibat meningkatnya resistansi pada lilitan dan terganggunya sistem pelumasan *bearing*. Titik kritis kestabilan motor berada pada suhu 50°C, yang menjadi indikator penting dalam pengelolaan beban motor. Melalui sistem *monitoring* berbasis IoT, pemantauan parameter suhu dan kecepatan putar motor dapat dilakukan dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga memungkinkan dilakukannya tindakan teknis secara lebih cepat untuk menjaga keandalan operasional sistem *sewage pump* di atas kapal.

DAFTAR REFERENSI

- Atabiq, F., Febriansyah, A., Afrizal, J., & Kurnia, I. (2018). Evaluasi efisiensi motor induksi satu fase berdaya kurang dari 1 HP yang dilakukan perbaikan dengan cara *rewinding*. *Jurnal Integrasi*, 14(1).
- Atsiq, A., Taali, T., Aswardi, A., & Yuhendri, M. (2023). Smart control and monitoring system motor induksi 3 fasa. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 115–124. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.374>
- Bijang, N. L., Melloolo, O., Pairunan, T. T., Parassa, Y., Rongre, E. M., Mappadang, L., & Fasa, S. (2025). Penampilan torsi poros penggerak motor tiga fasa. *Prosiding PTUV*, 4(1).
- George Okonkwo, C., Uju, I. A., & Nwajuonye, R. O. (2022). Improvement of three phase induction motor performance using voltage and frequency speed control techniques. *Journal of Engineering Research and Reports*, 22(4), 19–31. <https://doi.org/10.9734/jerr/2022/v22i417532>
- Habibi, F. A., & Zaky, U. (2025). Sistem monitoring tingkat kualitas udara dan optimasi sensor menggunakan Internet of Things berbasis Android. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*, 7(2), 650–658. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v7i2.5617>

- Hidayat, N. F., Mulyatno, P., & Yudo, H. (2017). Analisa kekuatan *stern roller door* KM Gambolo terhadap beban menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- Juni, J., Risfendra, R., & Habibullah, H. (2020). Sistem monitoring dan *protection* motor induksi 3 phasa dengan LabVIEW. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.106748>
- Oktav Yama, R., & Hendra, S. (2023). *ELRINA: Journal of Electrical, Marine and Its Application*.
- Prayasa, I. W. O., Abiyasa, A. P., & Kristyawan, I. P. A. (2023). Ceramic firing temperature trajectory monitoring system on IoT-based gas furnace. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 12(3), 398–405. <https://doi.org/10.23887/janapati.v12i3.69708>
- Rachman, F., & Rahmadewi, R. (2023). Modul latihan inverter sebagai kendali kecepatan motor induksi menggunakan HMI berbasis PLC. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*. <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- Rahman, M. S., Ghosh, T., Aurna, N. F., Kaiser, M. S., Anannya, M., & Hosen, A. S. M. S. (2023). Machine learning and Internet of Things in Industry 4.0: A review. *Measurement: Sensors*, 28, 100822. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100822>
- Rayya Bramanta, H., & Santosa, Y. (2025). *Rancang bangun modul pengoperasian motor induksi dan beban resistif menggunakan solid state relay (SSR)*.
- Sarker, B. K., Gain, N., Saha, S. K., Mondal, N. B., & Ifte, I. (2024). A quantitative research of learning habits of secondary school students: An observational study in Dhaka Division. *Journal of Social, Humanity, and Education*, 4(2), 117–127. <https://doi.org/10.35912/jshe.v4i2.1677>
- Sinambela, Y. K., Sahputra, A., & Nurmala, E. (2024). Analisis efisiensi motor induksi 3 phasa pada *auxiliary sea water cooling pump* di Kapal MT. *Minas/P.35. Journal Marine Inside*, 6(2), 91–99. <https://doi.org/10.62391/ejmi.v6i2.108>
- Sun, J., Sun, P., Lin, B., & Li, W. (2025). Evolution of shipboard motor failure monitoring technology: Multi-physics field mechanism modeling and intelligent operation and maintenance system integration. *Energies*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/en18164336>
- Suprianto, G. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam proses pengeringan rimpang dengan menggunakan platform Node-RED. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 11(6), 1303–1312. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2024118684>
- Trilestari, S., Budiawan, I., & Andriana. (2024). Perancangan dan implementasi sistem monitoring kecepatan dan proteksi motor induksi 3 phase berbasis LabVIEW. *Epsilon*. <https://doi.org/10.55893/epsilon.v21i2.105>
- Wang, J., Zhao, F., Sun, L., Hou, Y., & Chen, N. (2023). Research on the energy savings of ships' water cooling pump motors based on direct torque control. *Processes*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/pr11071938>
- Watty Sihombing, D., Kismantoro, T., Pasaribu, A., Wiwoho, B., & Rizki Septyanto, M. (2023). Identifikasi penyebab dan solusi tidak berfungsinya hidrolis *deck crane* No. 2 pada kapal MV. *Habco Carina. Meteor STIP Marunda*, 16(1). <https://doi.org/10.36101/msm.v16i1.276>

- Wijaya Putra, Supa Kusuma Aji, Septyana Riskitasari, & Ahmad Hanif Firdaus. (2025). Karakterisasi konsumsi energi motor BLDC terhadap beban dinamis pada kendaraan listrik hibrida. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, 3(4), 64–73. <https://doi.org/10.61132/mars.v3i4.959>
- Wu, T., Li, R., Chen, Q., Pi, G., Wan, S., & Liu, Q. (2023). A numerical study on modeling ship maneuvering performance using twin azimuth thrusters. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/jmse11112167>
- Yoon, K. Y., & Lee, S. T. (2023). Performance improvement of permanent-magnet-synchronous motors through rotor shape optimization of marine blowing system with high-speed rotation. *Energies*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/en16145486>
- Yuli Handika. (2023). Pembuatan generator magnet permanen 12 kutub menggunakan motor induksi. *Cyclotron: Jurnal Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.30651/cl.v6i2.18255>